# *PARTE DI PROGRAMMAZIONE*

## *4.1 Introduzione*

Come accennato in precedenza, tutte le interazioni fra i componenti che garantiscono le funzionalità della macchina sono regolate grazie all'utilizzo di un PLC. Nei paragrafi seguenti sono spiegate nel dettaglio tutte le informazioni di questo strumento, dal cablaggio alla sua programmazione mediante l'utilizzo del Grafcet.

## *4.2 PLC*

Il PLC, acronimo di "Programmable Logic Controller", viene spesso utilizzato per la gestione di processi industriali ed è a tutti gli effetti un computer programmabile in grado di mettere in relazione segnali elettrici o analogici (dati in ingresso) con delle risposte dello stesso tipo (dati in uscita).

Le istruzioni che deve svolgere vengono assegnate grazie ad un PC provvisto di un software specializzato, nel nostro caso il CX-Programmer, che permette la creazione di programmi da scaricare nella sua memoria CPU (la comunicazione fra PLC e computer avviene grazie ad un cavo bus).

La programmazione, nel nostro caso, è stata effettuata utilizzando il linguaggio "ladder" (vedi pag. 37)

Inoltre è anche possibile utilizzare un PC collegato in modalità host link al PLC per verificare in tempo reale come quest'ultimo esegue le istruzioni assegnate (modalità monitor).

### *4.2.1 Curiosità sui PLC*

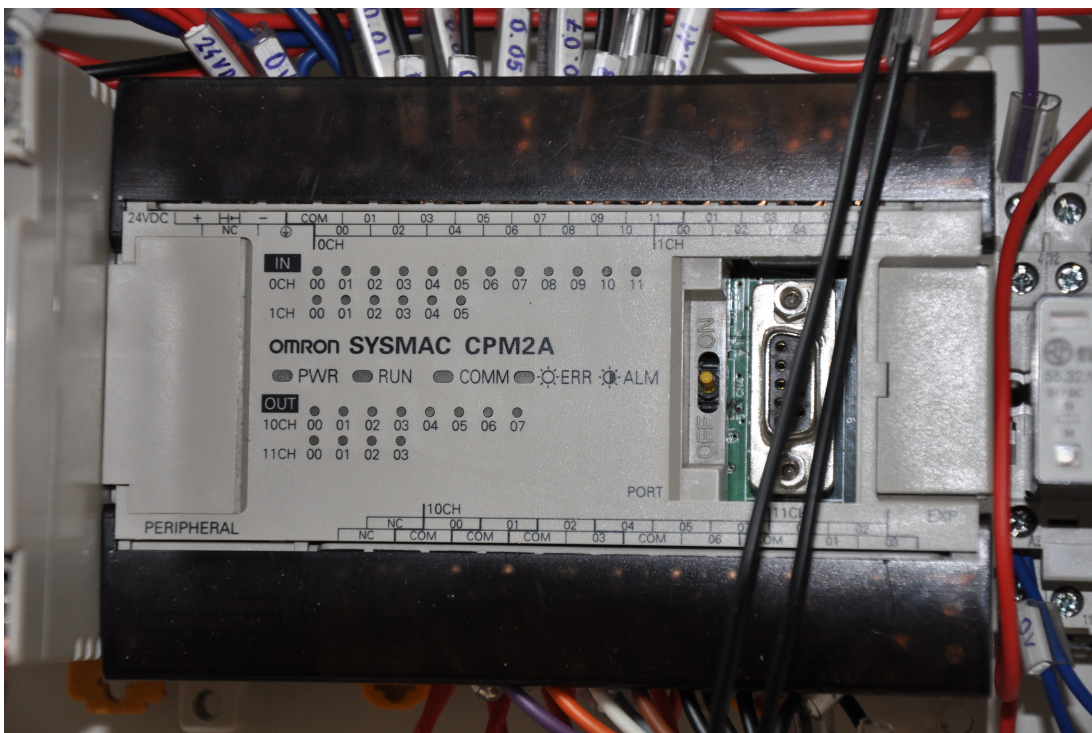
L'aspetto che rende il PLC uno strumento molto utilizzato in industria è quello della facilità di gestione e della flessibilità che accompagna tale strumento: la logica programmabile garantisce un cablaggio modificabile in qualsiasi momento, la sua struttura può essere adattata in base al processo da automatizzare scegliendo schede adatte alle grandezze elettriche in gioco e non è da trascurare neanche l'immediatezza con il quale un intervento manutentivo riesce ad essere effettuato (il PLC offre una diagnostica tale da consentire una veloce analisi e ricerca dei guasti).

Nell'ambito industriale poi il PLC trova la sua sede naturale, in quanto è concepito per funzionare in ambienti con presenza di disturbi, alte temperature, umidità, vibrazioni, colpi meccanici e alimentazioni di tipo non sempre lineare grazie alla sua robustezza.

Questa apparecchiatura nasce intorno agli anni '70 in sostituzione dei sistemi a logica cablata che utilizzano tradizionali relè e resta al giorno d'oggi un ottimo controllore per le fabbriche, migliore anche dei micro-controller, apparecchi più sofisticati e potenti, ma che necessitano di una forte componente di tipo software.

### *4.2.2 Caratteristiche del PLC utilizzato*

Il PLC utilizzato nel nostro progetto è il modello OMRON CPM2A; le sue peculiarità principali sono:

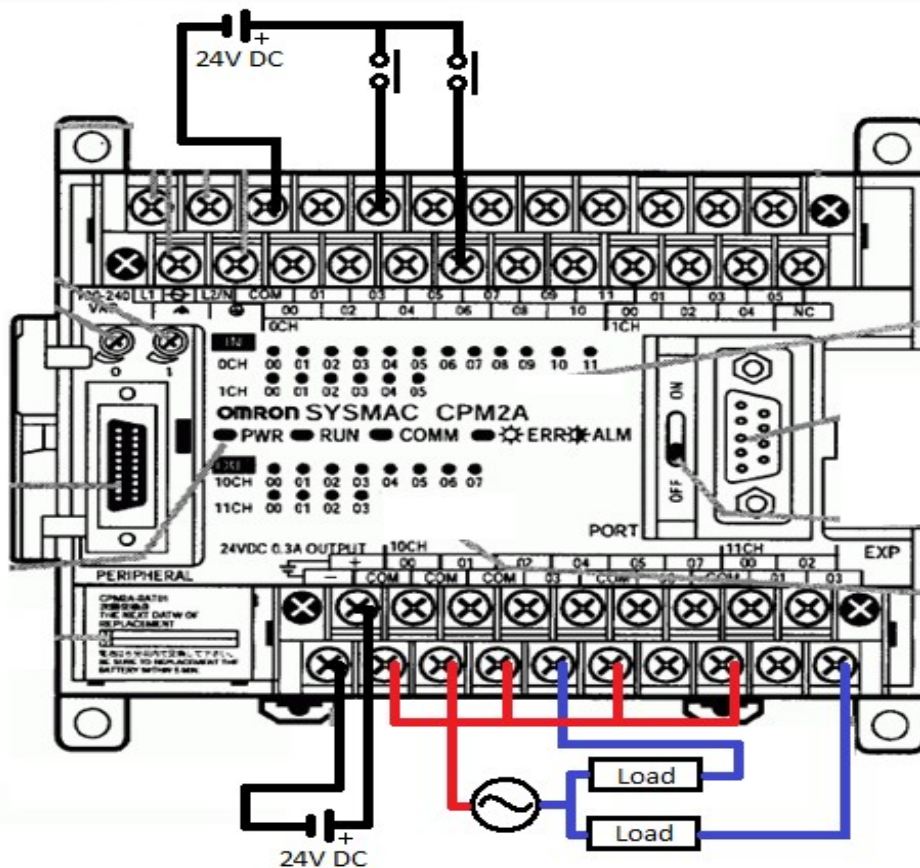
- Alimentazione: la tensione che deve essere fornita al PLC  per un suo corretto funzionamento è di 24V DC.
- CPU: è il cervello del PLC, ossia una scheda complessa basata su un microprocessore avente un sistema operativo proprio e una zona di memoria a disposizione del programma dell'utente (solitamente questa si trova su una memoria esterna EPROM, che garantisce semplicità e velocità di programmazione).
- Spie di segnalazione: il nostro apparecchio possiede diversi led per far capire all'operatore quando lo stesso è alimentato (PWR), sta eseguendo un programma (RUN), sta comunicando con il PC mediante il cavo bus (COMM) o si è verificato un errore (ERR); sono presenti anche altre spie luminose che indicano il funzionamento degli ingressi e delle uscite.5gv
- Ingressi: il PLC utilizzato ha una morsettiera a cui possono essere collegati 18 ingressi divisi in due canali (cablaggio pag. 36); è possibile incrementare il loro numero aggiungendo dei moduli di espansione al PLC. La tensione massima supportata dagli ingressi è di 240V AC.
- Uscite: anche in questo caso è presente una morsettiera che può però ospitare 12 uscite, anch'esse suddivise su due canali e incrementabili con moduli di espansione. In uscita il PLC fornisce 24V DC con una corrente di 0,3, sufficienti ad eccitare la bobina di un relè.

*Il nostro PLC*

### *4.2.3 Modalità di lavoro del PLC*

Inizialmente un PLC controlla ogni ingresso verificando se il suo stato è attivo o meno, memorizzando le informazioni ottenute per essere utilizzate per l'operazione seguente.

A questo punto viene eseguito il programma, istruzione per istruzione, regolando così lo stato delle uscite; quando un ingresso modifica il suo stato il PLC si aggiorna e procede a rielaborare le proprie istruzioni.

### *4.2.4 Cablaggio*

Il cablaggio di un PLC deve essere effettuato come nello schema seguente:

Collegamento degli ingressi: gli impulsi vengono inviati al plc grazie a degli interruttori esterni, in grado di chiudere il circuito che collega l'alimentazione 24V DC ai terminali "com" e i rispettivi ingressi.

Collegamento uscite: il plc ha il compito di chiudere il circuito che alimenta i vari carichi; per far ciò si deve collegare la fase dell'alimentatore ai "com"e i terminali del carico uno al neutro e l'altro ad un uscita del plc.

## *4.3 Grafcet*

### *4.3.1 Che cos'è il Grafcet*

Il Grafcet è un diagramma funzionale che consente all'utilizzatore di strutturare un programma in diversi stati, ognuno avente una ben precisa configurazione delle uscite; la transizione fra uno stato e l'altro avviene se si verifica una condizione particolare.
Inoltre, diversamente da molti diagrammi di flusso, permette l'attivazione di più stati contemporaneamente e questa possibilità di coordinazione è una delle più importanti proprietà di questo linguaggio.
Il Grafcet offre anche la possibilità di una traduzione diretta della sua struttura in uno dei linguaggi a basso livello normalmente utilizzato nella programmazione, come il linguaggio ladder.

### *4.3.2 Linguaggio ladder (o a contatti)*

Caratteristiche principali di questo linguaggio sono la sua semplicità e intuitività, motivi per cui viene adottato da moltissimi programmatori, anche coloro con una formazione più propensa all'elettronica e all'informatica.
Si basa su una logica piuttosto simile a quella di uno schema funzionale elettromeccanico e il programma è costituito da una serie di contatti aperti e chiusi che, in base al loro stato, determinano o meno l'attivazione di un uscita rappresentata dalla bobina di un relè, di un temporizzatore, di un contatore o altri comandi del software.

Il diagramma a contatti viene disegnato direttamente sull'interfaccia grafica del software usato per la programmazione utilizzando gli appositi tasti contrassegnati dai simboli.
La principale simbologia caratteristica di un diagramma ladder è la seguente:

- Contatto normalmente aperto: quando l'ingresso assegnato a questo tipo di contatto è disattivato, al PLC non arriverà nessun segnale; contrariamente, se risulta essere attivo, il contatto si chiuderà inviando un impulso.
- Contatto normalmente chiuso: si tratta di un contatto avente le funzioni opposte rispetto a quello normalmente aperto.
- Keep: viene inserita al termine di una linea ladder ed è un relè virtuale a cui corrisponde uno stato del Grafcet: quando viene settata mantiene la sua condizione fino al momento in cui subisce un segnale di reset; entrambe le situazioni si verificano grazie ad un impulso proveniente da un ingresso, da un'altra keep, da un temporizzatore o da un altro componente particolare.

  A questo relè virtuale corrisponde un contatto, aperto o chiuso, che si attiverà nel momento in cui si effettuerà il suo settaggio.

- Temporizzatore: anch'esso viene inserito al termine di una linea del ladder, viene settato da un impulso come avviene nella keep, gli corrisponde un contatto attivato dal suo stato, ma non presenta un reset; infatti la caratteristica principale di questo componente virtuale è quella di avere un timer regolabile (minimo 1 decimo di secondo): quando finisce di contare il temporizzatore si resetta automaticamente, disattivando il suo contatto.
- Simbolo di uscita: è un componente virtuale che permette all'operatore di assegnare le diverse uscite del PLC; insomma nel momento in cui si trova allo stato attivo, l'uscita corrispondente viene alimentata con una tensione di 24V DC.

### *4.3.3 Linguaggio mnemonico*

Questo linguaggio è il metodo di programmazione che più si avvicina alla logica con cui lavora il microprocessore; assume la sembianza di una lista di istruzioni, dove compare il passo di programma associato al codice della funzione logica e l'indirizzo a cui si riferisce l'operazione.

### *4.3.4 Il nostro programma*

Il nostro programma è stato realizzato utilizzando le conoscenze acquisite durante l'anno sul Grafcet. Sono necessarie alcune operazioni:

- Il primo passo effettuato è stato quello di realizzare due tabelle, una per gli ingressi del PLC e una per le uscite.

TABELLA INPUT

| SIGLA | INDIRIZZO | DESCRIZIONE |
|---|---|---|
| FC1 | 0.00 | dose caffè |
| FC2 | 0.01 | presenza del brevetto |
| FC3 | 0.02 | posizione iniziale |
| FC4 | 0.03 | posizione per percolazione dell'acqua |
| TERMO | 0.05 | contatto del circuito della termoresistenza |
| STOP | 0.04 | stop di emergenza |
| FOTOC. | 0.11 | contatto del circuito della fotocellula |
| START1 | 0.07 | start senza zucchero |
| START2 | 0.09 | start 1 bustina di zucchero |
| START3 | 0.10 | start 2 bustine di zucchero |
| START R. | 0.08 | start di riavvio |

TABELLA OUTPUT

| SIGLA | INDIRIZZO | DESCRIZIONE |
|---|---|---|

| M1 | 10.00 | motore della macina |
|---|---|---|
| M2 | 10.01 | motore che muove il brevetto |
| M3 | 10.02 | Elettrovalvola |
| M4 | 10.03 | pompa dell'acqua |
| M5 | 10.04 | Caldaia |
| M6 | 10.05 | scarico del caffè |
| M7 | 11.02 | motori per la distribuzione dello zucchero |
| SPIA V. | 10.06 | spia verde |
| SPIA R. | 10.07 | spia rossa |
| LED V. | 11.00 | led verde |
| LED R. | 11.01 | led rosso |

- A questo punto si può realizzare il diagramma Grafcet (vedi pag. 58).
- In seguito è necessario realizzare un'ulteriore tabella, detta delle attivazioni, utile a far capire al programmatore il comportamento delle uscite nei vari stati.

TABELLA DELLE ATTIVAZIONI

| | STATI | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **OUTPUT** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** |
| SPIA V. | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| SPIA R. | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LED V. | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| LED R. | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| M1 | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| M2 | | | | | | | | | ■ | | | ■ | | | | ■ | ■ | |
| M3 | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| M4 | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| M5 | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M6 | | | | | | ■ | | ■ | | | | | | | | | | |
| M7 | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| TIM0 | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| TIM1 | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| TIM2 | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| TIM3 | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | |
| TIM4 | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| TIM5 | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| TIM6 | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| TIM7 | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | |
| TIM8 | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |

■ = STATO ATTIVO

- Il passo seguente consiste nel verificare da cosa sono settati e resettati i vari stati (set = keep precedente * transizione, se presenti più casi si sommano; reset = keep successiva).

0 – set: 253.15+FC3*20.11+FC3*21.00+~~TERMO~~*20.02

– reset: 20.01

1 – set: FC2*20.00

– reset: 20.14+20.02

2 – set: TERMO*20.01

– reset: 20.14+20.00+20.03+20.12+20.13

3 – set: START*~~FOTOC~~.*20.02+TIM6*20.12+TIM7*20.13

– reset: 20.14+20.04

4 – set: FC1*20.03

– reset: 20.14+20.05

5 – set: TIM0*20.04

– reset: 20.14+20.06

6 – set: TIM1*20.05

– reset: 20.14+20.07

7 – set: TIM2*20.06

– reset: 20.14+20.08

8 – set: TIM3*20.07

– reset: 20.14+20.09

9 – set: FC4*20.08

– reset: 20.14+20.10

10 – set: TIM4*20.09

– reset: 20.14+20.11

11 – set: TIM5*20.10

– reset: 20.14+20.00

12 – set: START2*~~FOTOC~~.*20.02

– reset: 20.14+20.03

13 – set: START3*~~FOTOC~~.*20.02

– reset: 20.14+20.03

14 – set: STOP*20.01+STOP*20.02+STOP*20.03+STOP*20.04+STOP*20.05+STOP*20.06+ STOP*20.07+STOP*20.08+STOP*20.09+STOP*20.10+STOP*20.11+STOP*20.12+STOP*20.13 + STOP*21.00+SPIA V.*21.01

– reset: 20.15

15 – set: START R.*20.14
– reset: 20.16+20.17

16 – set: TIM8*20.15
– reset: 20.14+20.00

17 – set: STOP*20.15
– reset: 20.14

- Adesso è possibile trascrivere il programma in linguaggio ladder analizzando lo schema dei set-reset, la tabella delle attivazioni e tenendo conto di questa premessa: il prodotto di keep*transizione è visto come due contatti in serie, mentre quando è presente una somma due in parallelo. (ladder vedi sezione……………………………..)
- Infine se si vuole visualizzare il linguaggio mnemonico è possibile premere la combinazione di tasti ALT+M, mentre per tornare al ladder ALT+D. (mnemonico vedi sezione…………)

# *FUNZIONAMENTO DEL PROGETTO*

## 5.1 Accensione

Il nostro progetto, come tutti i distributori automatici di bevande calde, presenta sul retro un cavo di alimentazione e un interruttore che ne determina l'accensione o lo spegnimento. Nel momento in cui la spina viene collegata ad una qualsiasi presa 230V AC e l'interruttore viene posizionato su "ON", verranno subito alimentati i principali componenti che compongono la nostra macchina.

All'accensione si possono subito notare:

- Tre led di colore rosso accesi nel pannello frontale: simboleggiano l'impossibilità di ottenere caffè al momento, infatti l'acqua nella caldaia non si trova ancora ad una temperatura sufficiente per produrre la bevanda.
- Una spia di colore rosso nel quadro elettrico sul retro, che simboleggia il funzionamento della caldaia la quale, scaldando l'acqua contenuta al suo interno, permetterà di avere la temperatura adeguata per ottenere un buon caffè.

## 5.2 Fase di attesa

Nel momento in cui l'acqua, essendo costantemente riscaldata, raggiunge la temperatura di 100C°, tutte le spie rosse si spengono facendo accendere quelle di colore verde che simboleggiano la condizione di pronto all'uso; ovviamente la caldaia smetterà di riscaldare ulteriormente l'acqua per evitare il raggiungimento di temperature eccessivamente elevate che potrebbero compromettere la qualità del caffè.

A questo punto la macchina è pronta per produrre la bevanda e, dopo aver posizionato un bicchiere nella posizione prestabilita, si procederà con le fasi per la creazione di un caffè espresso. È importante sottolineare che se non ci dovesse essere il bicchiere in posizione, la macchina non procederà con la produzione della bevanda, rendendo impossibile lo spreco.

## 5.2 Scelta della bevanda

Arrivati a questo punto si potrà procedere dunque con la scelta del tipo di caffè tramite i tre pulsanti posizionati sul pannello frontale; stanno a simboleggiare:

- Pulsante n°1: caffè espresso senza zucchero.
- Pulsante n°2: caffè espresso con una quantità di zucchero pari ad una bustina.

- Pulsante n°3: caffè espresso con una quantità di zucchero pari a due bustine.

Nel momento in cui uno dei tre pulsanti viene premuto viene inviato un segnale di input al PLC, il quale avvierà la procedura che permetterà di passare alla fase successiva.

## 5.3 Aggiunta dello zucchero

Qualora venga premuto il secondo o il terzo pulsante il programma aggiungerà al caffè una quantità determinata di zucchero.
Questa azione viene eseguita mediante il distributore posizionato sopra il bicchiere che, tramite un comando del PLC, fa introdurre nel bicchiere una quantità pari ad una bustina di zucchero nel caso in cui sia stato premuto il pulsante 2 o due bustine nel caso in cui sia stato premuto il terzo pulsante.
A questo punto il nostro caffè sarà zuccherato e si può procedere alla fase successiva.

## 5.4 Macinatura

Questa fase viene subito effettuata nel caso sia stato premuto il primo pulsante, altrimenti si verifica dopo l'aggiunta di zucchero come spiegato precedentemente.

La creazione di un caffè espresso parte appunto dalla macinatura, ovvero la riduzione dei grani di caffè in una polvere adatta all'infusione. Questa operazione viene compiuta dalla macina che entra in azione per il tempo necessario a produrre una quantità pari ad una cialda per espressi (la dimensione è regolabile), scaricata infine all'interno del brevetto grazie ad un apposito motore.

## *5.5 Fase di infusione e produzione*

Terminata la macinatura si passa alla fase di infusione: il caffè in polvere viene prelevato e compresso mediante l'azione meccanica del brevetto, formando così la cialda che servirà a creare il nostro espresso.
La cialda a questo punto si trova all'interno del brevetto, proprio tra il collegamento alla caldaia e il filtro presente in esso.

A questo punto si può far scorrere l'acqua uscente dalla caldaia attraverso di essa, creando il nostro caffè espresso che scorrerà all'interno del bicchiere già posizionato grazie ad uno scivolo.

## *5.6 Ritorno alla fase di attesa*

A questo punto la creazione del caffè espresso è terminata e la macchina ritornerà allo stato iniziale. Se la temperatura dell'acqua all'interno della caldaia è sufficiente, sarà possibile produrre un altro caffè immediatamente, altrimenti si dovrà aspettare qualche secondo.

## *5.7 Arresto di emergenza*

Un componente essenziale della nostra macchina è il pulsante di emergenza situato sul suo fianco sinistro: ci permette di fermare qualsiasi azione essa stia compiendo in ogni momento.
È necessario ricordare che questa azione dovrà essere effettuata solo in caso di pericolo, visto che nel momento in cui il pulsante di emergenza viene premuto non si potrà più produrre caffè, almeno fino al momento seguente in cui un operatore autorizzato non effettui la manutenzione.

Con questa funzione abbiamo voluto aggiungere la possibilità da parte di un cliente di fermare un potenziale rischio o comunque di interrompere l'azione della macchina in caso di un malfunzionamento. Oltre a questo, ci ha permesso di estendere le funzioni del nostro progetto che, grazie ad una

programmazione più estesa delle funzioni, può simulare ora l'azione di riavvio da parte dell'operatore.

Analizziamo il caso in cui sia stato premuto il pulsante di emergenza:

- La macchina interrompe tutte le sue azioni immediatamente, in qualunque stato essa si trovi. Vengono subito accese le luci di segnalazione di colore rosso, simboleggiando l'impossibilità di produrre caffè, e la spia verde, indicante lo stato di fermo della caldaia. Questa condizione durerà fino al riavvio della macchina da parte dell'operatore e non dipenderà più dalla temperatura.
- L'operatore verrà avvisato e dovrà andare a verificare le sue condizioni. Lui solo potrà farlo essendo l'unico possessore delle chiavi che aprono il quadro elettrico e le parti superiori della macchina. Prima di procedere con qualsiasi azione di manutenzione l'operatore dovrà prelevare la chiavetta rossa, che non permetterà alla macchina di entrare in funzione e, cosa molto più importante, al quadro di entrare in tensione.
- Una volta accertato che la macchina si trova in condizioni normali e dopo aver riportato la chiavetta rossa nell'apposita fessura, potrà premere il pulsante di riavvio che riporterà la macchina nelle condizioni iniziali:

➢ Nel caso in cui sia stata fermata durante la macinatura non vi sarà nessun problema perché la quantità di caffè non verrà espulsa;
➢ Nel caso in cui la macchina sia stata fermata durante la compressione del caffè la cialda verrà espulsa dal brevetto tramite un ciclo a vuoto dello stesso;
➢ Nel caso in cui si fermi la macchina durante la fuoriuscita dell'acqua calda essa fermerà immediatamente di uscire e, tramite un ciclo a vuoto del brevetto espellerà il caffè al suo interno.

# *PARTE LEGISLATIVA*

## *6.1 Introduzione*

Il nostro progetto risponde alle norme dettate dal D.L. 81/08 in materia agli impianti e alle apparecchiature elettriche. Nel capo III del decreto vengono esplicate tutte le azioni e i doveri del datore di lavoro e dipendenti per quanto riguarda l'installazione, la costruzione, la progettazione e manutenzione di impianti elettrici. Ora, essendo la nostra macchina già progettata e costruita, sarà necessario analizzare i rischi derivanti dalla manutenzione, il cosiddetto "rischio elettrico". Si prenderanno quindi in considerazione gli articoli seguenti.

## *6.2 Art.80 riguardo agli obblighi del datore di lavoro*

1. Il datore di lavoro prende le misure necessarie affinché i materiali, le apparecchiature e gli impianti elettrici messi a disposizione dei lavoratori siano progettati, costruiti, installati, utilizzati e manutenuti in modo da salvaguardare i lavoratori da tutti i rischi di natura elettrica ed in particolare quelli derivanti da:

a) contatti elettrici diretti;

b) contatti elettrici indiretti;

c) innesco e propagazione di incendi e di ustioni dovuti a sovra temperature pericolose, archi elettrici e radiazioni;

d) innesco di esplosioni;

e) fulminazione diretta ed indiretta;

f) sovratensioni;

g) altre condizioni di guasto ragionevolmente prevedibili.

2. A tale fine il datore di lavoro esegue una valutazione dei rischi di cui al precedente comma 1, tenendo in considerazione:

a) le condizioni e le caratteristiche specifiche del lavoro, ivi comprese eventuali interferenze;

b) i rischi presenti nell'ambiente di lavoro;

c) tutte le condizioni di esercizio prevedibili.

3. A seguito della valutazione del rischio elettrico il datore di lavoro adotta le misure tecniche ed organizzative necessarie ad eliminare o ridurre al minimo i rischi presenti, ad individuare i dispositivi di protezione collettivi ed individuali necessari alla conduzione in sicurezza del lavoro ed a predisporre le procedure di uso e manutenzione atte a garantire nel tempo la permanenza del livello di sicurezza raggiunto con l'adozione delle misure di cui al comma 1.

## *6.3 Art.81 Requisiti di sicurezza*

1. Tutti i materiali, i macchinari e le apparecchiature, nonché le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere progettati, realizzati e costruiti a regola d'arte.

2. Ferme restando le disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, i materiali, i macchinari, le apparecchiature, le installazioni e gli impianti di cui al comma precedente, si considerano costruiti a regola d'arte se sono realizzati secondo le norme di buona tecnica contenute nell'allegato IX.

3. Le procedure di uso e manutenzione devono essere predisposte tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti, delle indicazioni contenute nei manuali d'uso e manutenzione delle apparecchiature ricadenti nelle direttive specifiche di prodotto e di quelle indicate nelle norme di buona tecnica contenute nell'allegato IX.

## *6.4 Art.82 per quanto riguarda i lavori sotto tensione*

1. E' vietato eseguire lavori sotto tensione. Tali lavori sono tuttavia consentiti nei casi in cui le tensioni su cui si opera sono di sicurezza, secondo quanto previsto dallo stato della tecnica secondo la migliore scienza ed esperienza, nonché quando i lavori sono eseguiti nel rispetto delle seguenti condizioni:

a) le procedure adottate e le attrezzature utilizzate sono conformi ai criteri definiti nelle norme di buona tecnica;

b) per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua:

1) l'esecuzione di lavori su parti in tensione deve essere affidata a lavoratori riconosciuti dal datore di lavoro come idonei per tale attività secondo le indicazioni della pertinente normativa tecnica;

2) le procedure adottate e le attrezzature utilizzate sono conformi ai criteri definiti nelle norme di buona tecnica.

## 6.5 Art. 83 riguardo ai lavori in prossimità di parti attive

1. Non possono essere eseguiti lavori in prossimità di linee elettriche o di impianti elettrici con parti attive non protette, o che per circostanze particolari si debbano ritenere non sufficientemente protette, salvo che vengano adottate disposizioni organizzative e procedurali idonee a proteggere i lavoratori dai conseguenti rischi.

2. Si considerano idonee ai fini di cui al comma 1 le disposizioni contenute nella pertinente normativa di buona tecnica.

## 6.6 Misure preventive adottate

Possiamo quindi affermare che il nostro impianto presenta dei rischi che vanno analizzati e ridotti dove possibile dalle misure necessarie. Queste prevenzioni sono:

- Innanzitutto l'interruttore bipolare generale, avente la funzione di accendere la macchina solo quando si trova sulla posizione di “1”.
- L'isolamento di tutti i cavi e di tutti i componenti in tensione, evitando potenziali cortocircuiti o contatti tra le parti in tensione e la carcassa della macchina. Una protezione ulteriore viene fornita dalla messa a terra della carcassa.
- L'interruttore differenziale, che ha la funzione di salvaguardare la salute del manutentore o del cliente nel caso in cui dovesse accidentalmente verificarsi un contatto indiretto.
- Il fusibile, il quale ha la funzione di salvaguardare l'impianto contro le sovracorrenti derivanti da cortocircuiti o sovraccarichi evitando malfunzionamenti o danni delle parti, compresi i danni all'impianto elettrico esterno alla macchina.
- L'isolamento del quadro elettrico e di tutte le parti elettriche, rendendole non raggiungibili dal cliente. Solo il manutentore possessore delle chiavi potrà metter mano sulla macchina. Quando il personale addetto dovrà effettuare modifiche sull'impianto dovrà inoltre prelevare la chiavetta rossa di protezione che garantirà l'impossibilità della macchina di entrare in funzione durante le operazioni.

# *CONCLUSIONI*

## *7.1 Conclusioni*

Il nostro progetto ha reso necessaria l'applicazione di tutte le nozioni da noi acquisite durante questi ultimi 3 anni, ma alla fine i nostri obiettivi sono stati raggiunti.
La macchina del caffè è in grado di produrre la bevanda, proprio come tutti i distributori automatici sul mercato; inoltre la logica plc ha sostituito egregiamente le funzionalità originarie della macchina, seppur con piccole modifiche strutturali da noi apportate.
Qualsiasi cliente ora è in grado di poter selezionare una bevanda in totale sicurezza e il manutentore ha la garanzia di essere l'unica figura in grado di intervenire sulla macchina.

## *7.2 Possibili sviluppi futuri*

La nostra macchina è stata ultimata per quanto riguarda le sue funzioni base di produzione del caffè, anche se vi sono state delle aggiunte come distributore di zucchero, stop di emergenza e rilevatore di presenza del bicchiere.
Sono però molte le modifiche che si possono ancora apportare, ma che non siamo riusciti a completare per mancanza di tempo; ad esempio:

- distribuzione di altre bevande come the e latte, dato che i componenti sono tutti presenti;
- utilizzo di un display, per facilitare il cliente sulla tempistica con la quale selezionare e ritirare la bevanda;
- segnalazione acustica, per segnalare quando il caffè è pronto;
- gettoniera, per trasformare la macchina in un vero e proprio distributore automatico;
- distribuzione automatizzata di palette di plastica, in quanto il loro prelievo è al momento manuale;
- un allacciamento idraulico fra macchina e l'impianto della struttura in cui essa viene collocata, per evitare ogni volta la sostituzione delle taniche contenente l'acqua e i liquidi di scarto;
- utilizzo di un flussimetro, per determinare la quantità d'acqua necessaria alla produzione di un caffè;

- sensori per il rilevamento della materia prima, utili a fermare la macchina in suo esaurimento.

Inoltre, nell'ipotesi di non voler più utilizzare il PLC come programma di controllo dell'intero processo, si potrebbe modificare ulteriormente la logica di funzionamento della macchina utilizzando il software "LabView".

## *7.3 Problemi riscontrati*

Durante la realizzazione si sono riscontrati alcuni problemi che hanno rallentato lo svolgimento del nostro progetto; alcuni sono stati risolti, mentre altri, a causa di mancanza di risorse adeguate, sono stati aggirati con altre soluzioni.

Nella parte elettrica:

- Circuito della termo-resistenza: lo studio del problema ci ha portati a dover scegliere fra due diversi circuiti: il primo consisteva nell'utilizzo di un BJT come switch, scartato però in favore del circuito del ponte di Wheatstone.
- Flussimetro: l'utilizzo di questo componente non è stato possibile in quanto non possedeva caratteristiche elettriche adeguate.

Nella parte costruttiva:

- Costruzione di uno scivolo adeguato per lo zucchero: ci ha dato dei problemi in quanto la sostanza acquistava eccessiva velocità, uscendo così dal bicchiere; il problema si è risolto costruendo al termine dello scivolo un ostacolo.

## *7.4 Sitografia*

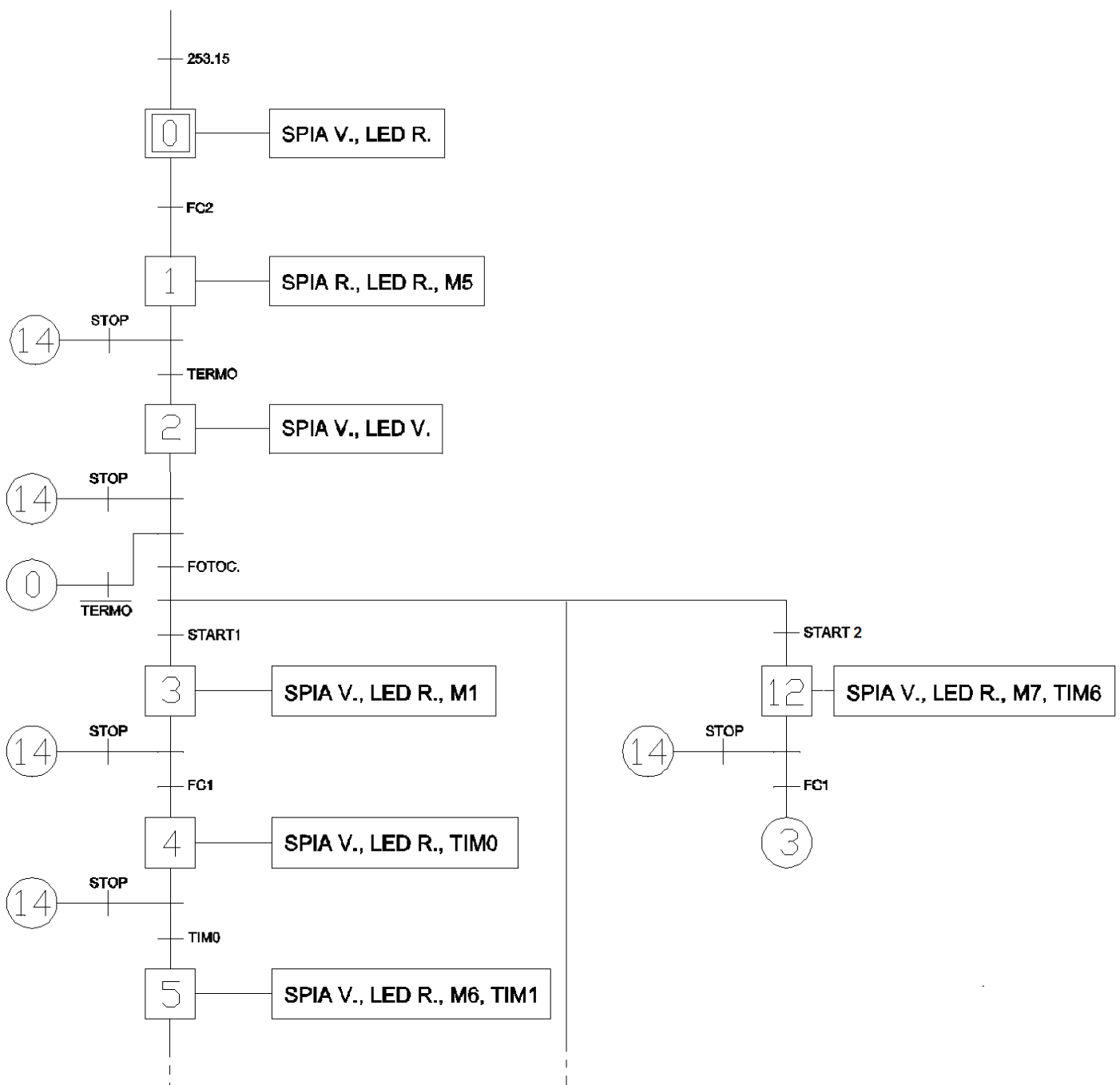
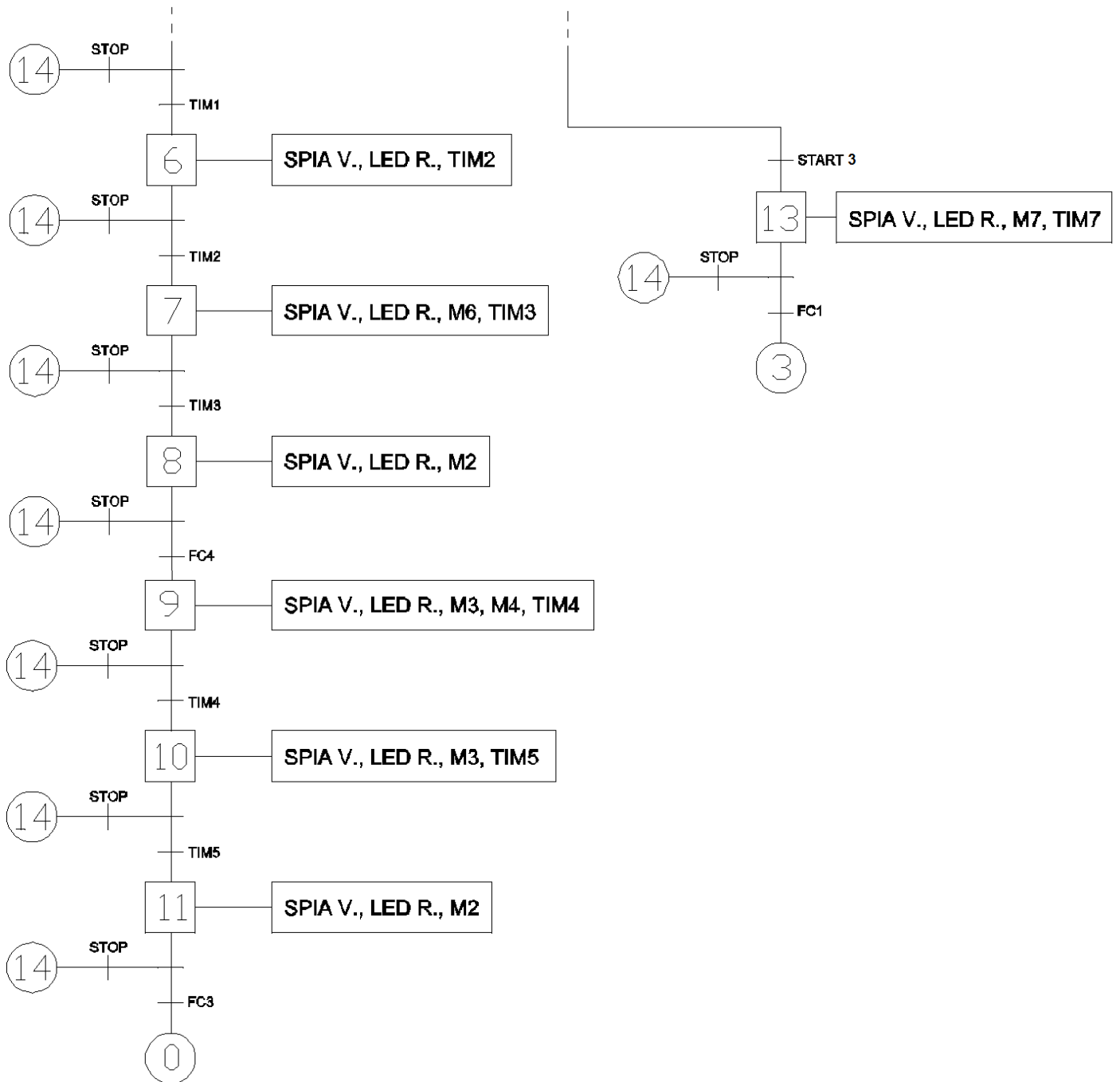
Alcune nozioni utilizzate per la realizzazione di questo documento sono state ricavate dai siti seguenti:

- http://www.nuovasimonelli.it/it/sapevi-che/macchine-per-caffe/storia
- http://it.wikipedia.org/wiki/Caff%C3%A8_espresso
- http://www.omron-ap.co.th/product_info/CPM2A/index.asp
- http://www.progetti-hw-sw.it/hardware.htm

# *ALLEGATI*

## 8.1 Grafcet

### 8.1.1 Funzionamento normale della macchina

STOP
14
TIM1
6
SPIA V., LED R., TIM2
STOP
14
TIM2
7
SPIA V., LED R., M6, TIM3
STOP
14
TIM3
8
SPIA V., LED R., M2
STOP
14
FC4
9
SPIA V., LED R., M3, M4, TIM4
STOP
14
TIM4
10
SPIA V., LED R., M3, TIM5
STOP
14
TIM5
11
SPIA V., LED R., M2
STOP
14
FC3
0
START 3
13
SPIA V., LED R., M7, TIM7
STOP
14
FC1
3

## *8.1.2 Funzionamento riavvio*

## 8.2 Ladder

P_First_Cycle
Flag di primo c...
0.02
20.11
FC3
0.02
21.00
FC3
0.05
20.02
TERMO
20.01
KEEP(11)
20.00
Mantieni
Bit


0.01
20.00
FC2
20.14
20.02
KEEP(11)
20.01
Mantieni
Bit

TIM004
20.09
KEEP(11)
Mantieni
20.14
20.10
Bit
20.11

TIM005
20.10
KEEP(11)
Mantieni
20.14
20.11
Bit
20.00

0.09
0.11
20.02
START2
FOTOCELLULA
KEEP(11)
Mantieni
20.14
20.12
Bit
20.03

0.04 20.01
STOP
KEEP(11) Mantieni
0.04 20.02
STOP
20.14 Bit
0.04 20.03
STOP
0.04 20.04
STOP
0.04 20.05
STOP
0.04 20.06
STOP
0.04 20.07
STOP
0.04 20.08
STOP
0.04 20.09
STOP
0.04 20.10
STOP

0.04
20.11
STOP
0.04
20.12
STOP
0.04
20.13
STOP
0.04
21.00
STOP
10.06
21.01
SPIA VERDE
20.15
0.08
20.14
KEEP(11)
20.15
Mantieni
Bit
21.00
21.01

TIM008 20.15

KEEP(11) Mantieni

20.14

21.00 Bit

20.00

0.04 20.15

STOP

KEEP(11) Mantieni

20.14

21.01 Bit

20.03 10.00 MACINA

20.08 10.01 BREVETTO

20.11

20.15

21.00

20.00

20.02

20.03

20.04

20.05

20.06

20.07

20.08

20.09

20.10

20.11

10.06

SPIA VERDE

20.12
20.13
20.14
20.15
21.00
21.01
20.01
10.07
SPIA ROSSA
20.02
11.00
LED VERDE

20.00
20.01
20.03
20.04
20.05
20.06
20.07
20.08
20.09
20.10
20.11

11.01

LED ROSSO

20.12
20.13
20.14
20.15
21.00
21.01
20.12
11.02
ZUCCHERO
20.13

20.09

TIM Temporizzatore

004 Numero temporizzatore

#130 Valore impostato

20.10

TIM Temporizzatore

005 Numero temporizzatore

#10 Valore impostato

```
KEEP(11) 20.01
LD 0.05
AND 20.01
LD 20.14
OR 20.00
OR 20.03
OR 20.12
OR 20.13
KEEP(11) 20.02
LD 0.07
ANDNOT 0.11
AND 20.02
LD TIM006
AND 20.12
ORLD
LD TIM007
AND 20.13
```

## *8.2 Mnemonico*

```
LD P_First_Cycle
LD 0.02
AND 20.11
ORLD
LD 0.02
AND 21.00
ORLD
LDNOT 0.05
AND 20.02
ORLD
LD 20.01
KEEP(11) 20.00
LD 0.01
AND 20.00
LD 20.14
OR 20.02
ORLD
LD 20.14
OR 20.04
KEEP(11) 20.03
LD 0.00
AND 20.03
LD 20.14
OR 20.05
KEEP(11) 20.04
LD TIM000
AND 20.04
LD 20.14
OR 20.06
KEEP(11) 20.05
LD TIM001
AND 20.05
```

```
LD 20.14
OR 20.07
KEEP(11) 20.06
LD TIM002
AND 20.06
LD 20.14
OR 20.08
KEEP(11) 20.07
LD TIM003
AND 20.07
LD 20.14
OR 20.09
KEEP(11) 20.08
LD 0.03
AND 20.08
LD 20.14
OR 20.10

KEEP(11) 20.09
LD TIM004
AND 20.09
LD 20.14
OR 20.11
KEEP(11) 20.10
LD TIM005
AND 20.10
LD 20.14
OR 20.00
KEEP(11) 20.11
LD 0.09
ANDNOT 0.11
AND 20.02
LD 20.14
OR 20.03
KEEP(11) 20.12
LD 0.10
ANDNOT 0.11
AND 20.02
LD 20.14
OR 20.03
KEEP(11) 20.13
LD 0.04
AND 20.01
LD 0.04
AND 20.02
ORLD
LD 0.04
AND 20.03
ORLD
LD 0.04
AND 20.04
ORLD
LD 0.04
AND 20.05
ORLD
LD 0.04
AND 20.06
ORLD
LD 0.04
AND 20.07
ORLD
LD 0.04
AND 20.08
ORLD
LD 0.04
AND 20.09
ORLD
LD 0.04
AND 20.10
ORLD
LD 0.04
AND 20.11
ORLD
LD 0.04
AND 20.12
ORLD
LD 0.04
AND 20.13
ORLD
LD 0.04
AND 21.00
ORLD
LD 10.06
AND 21.01
ORLD
LD 20.15
KEEP(11) 20.14
LD 0.08
AND 20.14
LD 21.00
OR 21.01
KEEP(11) 20.15
LD TIM008
AND 20.15
LD 20.14
OR 20.00
KEEP(11) 21.00
LD 0.04
AND 20.15
LD 20.14
KEEP(11) 21.01
LD 20.03
```

```
OUT 10.00
LD 20.08
OR 20.11
OR 20.15
OR 21.00
OUT 10.01
LD 20.09
OR 20.10
OUT 10.02
LD 20.09
OUT 10.03
LD 20.01
OUT 10.04
LD 20.05
OR 20.07
OUT 10.05
LD 20.00
OR 20.02
OR 20.03
OR 20.04
OR 20.05
OR 20.06
OR 20.07
OR 20.08
OR 20.09
OR 20.10
OR 20.11
OR 20.12
OR 20.13
OR 20.14
OR 20.15
OR 21.00
OR 21.01
OUT 10.06
LD 20.01
OUT 10.07
LD 20.02
OUT 11.00
LD 20.00
OR 20.01
OR 20.03
OR 20.04
OR 20.05
OR 20.06
OR 20.07
OR 20.08
OR 20.09
OR 20.10
OR 20.11
OR 20.12
OR 20.13
OR 20.14
OR 20.15
OR 21.00
OR 21.01
OUT 11.01
LD 20.12
OR 20.13
OUT 11.02
LD 20.04
TIM 000 #10
LD 20.05
TIM 001 #10
LD 20.06
TIM 002 #10
LD 20.07
TIM 003 #10
LD 20.09
TIM 004 #130
LD 20.10
TIM 005 #10
LD 20.12
TIM 006 #35
LD 20.13
TIM 007 #50
LD 20.15
TIM 008 #15
```